

SULLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI ASISMICHE

*Comunicazione dell'Ing. Modesto Panetti
fatta nella seduta del 26 giugno 1914*

L'approssimarsi del Congresso di Messina, nel quale indubbiamente sarà riservato un posto d'onore al tema delle costruzioni asismiche, mi persuade a parlarne brevemente in questa che probabilmente è l'ultima nostra Riunione prima del Congresso (*). Ed è legittimo che una voce si levi dalla nostra Società per riassumere ciò che è stato fatto in questo indirizzo, poichè un forte contributo a tali studi proviene appunto dai membri di essa. Ricordo la discussione generale dei sistemi di costruzione adatti alle regioni sismiche fatta dall'Ing. Novelli subito dopo la catastrofe del 28 dicembre 1908, concludendo in favore del cemento armato, ricordo gli studi geniali dell'Ing. Danusso che gli valsero il premio più alto conferito nel concorso indetto, dalla Società cooperativa Lombarda per lavori pubblici, ricordo la Relazione della Commissione Reale per le norme tecniche di costruzione nei Comuni colpiti dal terremoto, scritta dal Prof. Reyceud, ricordo finalmente il contributo alla teoria delle costruzioni asismiche dato da chi vi parla negli Allegati a quella stessa Relazione ed in quelli alla nuova, pubblicata verso al fine dello scorso anno.

Ma la tesi da svolgere non può essere compito personale nè regionale. Si tratta di preparare un capitolo nuovo della Scienza delle costruzioni; di dar vita ad un'arte nuova: la fabbricazione di edifici atti a resistere a forze orizzontali ripetute ed alterne; di creare una tecnica nuova: quella delle strutture murarie leggere e concatenate. Soltanto la collaborazione di moltissimi nei campi diversi della teoria e della tecnica delle costruzioni potrà permetterci di trovare un giorno la soluzione pratica di questo problema.

Oggi è doloroso dover riconoscere che la lotta contro tale nemico non è abbastanza attiva, nè abbastanza rapido il progresso, e ciò pel fatto che fra i perfezionamenti tecnici ed il problema economico non c'è in questo campo convergenza di intendimenti, ma contrasto, si direbbe, incompatibilità allo stato attuale delle nostre cognizioni.

(*) Gli avvenimenti politici hanno fatto prorogare senza termine il Congresso, ma i nuovi disastrosi terremoti hanno dato pur troppo attualità all'argomento.

In vero l'edilizia asismica aggrava il costo delle abitazioni, sopra tutto nelle regioni che in Italia ne richiedono più imperiosamente l'applicazione, e lo aggrava sia per la maggiore area occupata sia per il maggior costo delle strutture a parità dell'area stessa.

Onde la necessità di norme obbligatorie, di sanzioni penali contro chi le deroga, e per necessaria conseguenza, la lotta per eluderle, la tendenza a profittare dell'apatia che il tempo fa succedere alla momentanea costernazione per strappare concessioni sempre più larghe ed interpretarle in modo sempre più libero.

Gli esempi non fanno difetto:

Per limitarci a quanto fu fatto in casa nostra negli ultimi tempi basti ricordare:

Le Istruzioni del 29 marzo 1794 che il Governo Napoletano sanciva per la riedificazione della città di Reggio, distrutta dal grande terremoto del 1783.

Il regolamento edilizio della città di Norcia compilato da quel Municipio ed entrato in vigore per decreto del Governo Pontificio nell'aprile 1860 dopo il terremoto del 1859. In esso, fra le altre disposizioni, si proibiva l'uso delle volte e si limitavano a due i piani sopra terra da costruirsi di preferenza col sistema baraccato.

Il Regolamento edilizio dei Comuni dell'Isola d'Ischia in seguito al terremoto di Casamicciola del 28 luglio 1883 che comprende:

1° Norme di costruzione per gli edifici pubblici, le quali prescrivono con modalità minuziose le fondazioni su platea generale di calcestruzzo nel caso di terreni sciolti, raccomandando il sistema baraccato in legno od in ferro con materiali leggeri di riempimento, e contengono disposizioni proibitive per le volte, gli sporti, i tetti, i terrazzi e le canne di ogni genere;

2° Prescrizioni per gli edifici privati, nei quali si impone tassativamente l'approvazione di un progetto da parte di un ufficio di sorveglianza e si espongono norme poco differenti da quelle per gli uffici pubblici.

Le prescrizioni per la costruzione ed il restauro degli edifici nei Comuni liguri danneggiati dal terremoto del 23 febbraio 1887, le quali hanno carattere meno restrittivo, ed ammettono l'uso di tre piani fuori terra oltre quello dei sotterranei.

Gli atti del Ministero dei Lavori Pubblici sul consolidamento delle fabbriche nelle Calabrie contro i danni del terremoto, e le Norme per la costruzione ed il restauro degli edifici nella Provincia di Messina danneggiata dal terremoto del settembre 1905, e finalmente i provvedimenti decretati in seguito ai terremoti più recenti del 18 aprile 1909 e del 6 settembre 1912.

Al vedere tanta copia di disposizioni regolamentari che tutte più o meno ribadiscono i medesimi principi e rinnovano le stesse raccomandazioni, senza aver ottenuto il risultato di rendere immuni le costruzioni delle regioni sismiche da questo flagello, vien voglia di credere che il loro contenuto sia stato tradotto in atto presso a poco come le gride contro i bravi emanate dalla Amministrazione Spagnuola in Milano ai tempi nei quali si svolge l'azione dei Promessi Sposi.

E in vero, dice la relazione premessa alle Norme decretate per le Calabrie il 1906, le savie prescrizioni imposte sono rimaste generalmente inosservate, salvo in alcuni caseggiati di Cosenza, di Reggio e di qualche altro maggior centro. Si costruisce, continua quella relazione, senza alcun riguardo alla natura del terreno, su ripide mezze coste o addirittura su terreni franosi. I fabbricati più umili dei paesi minori sono bensì di limitata altezza e con solai, ma la malta è cattiva, il pietrame è rappresentato da ciottoli fluviali e in molti paesi, specie nelle Provincie di Catanzaro e di Reggio è sostituito dal Brest, consistente in parallelepipedo di argilla cruda, o peggio ancora da un impasto di fango e di paglia.

Eppure il vantaggio dei sistemi razionali era ben compreso ed apprezzato anche prima di questi ultimi disastri, tantochè per le case baraccate sono in uso contratti di affitto, nei quali il proprietario pone all'inquilino la condizione di esservi accolto insieme con la famiglia nei casi di pericolo.

Appare quindi in prima linea l'opportunità di favorire nel miglior modo possibile in quelle regioni le industrie per la fabbricazione di buoni materiali da costruzione e segnatamente di calci e di cementi.

In secondo luogo la necessità di creare una vera edilizia asismica, non costituita da sole limitazioni della edilizia ordinaria, ma avente caratteri proprii, suscettibile di perfezionamenti e tale da condurre a soluzioni via via più economiche e razionali. Questo indirizzo già comincia ad affermarsi. Non si vietano più semplicemente gli aggetti dei cornicioni e gli sporti delle balconate, ponendo l'architetto nella necessità di rinunciare a buoni elementi decorativi, e costringendo il proprietario a privare i suoi alloggi di un complemento gradito che ne eleva il valore locativo. Si prescrive invece che tali aggetti e tali sporti siano il protendimento organico della struttura che porta il corrispondente ripiano.

Affermare dunque bisogna; affermare, fondandosi su principi sicuramente stabiliti, e progredire tendendo a quell'accordo fra le esigenze tecniche ed il problema economico, in cui consiste la funzione fondamentale di qualsiasi ramo della ingegneria.

Oggi siamo ai primi passi di questa via; oggi di fatto restiamo ancora incerti quando ci poniamo il quesito fondamentale: Quali sono i caratteri della edilizia asismica?

Procuriamo tuttavia risponderci nel miglior modo possibile, cominciando ad osservare in che cosa consista la sollecitazione sismica di un edificio e da che cosa proceda, senza alcuna intenzione di toccare neppure lontanamente il problema geodinamico.

Si tratta di un moto del suolo di carattere vibratorio che si trasmette all'edificio attraverso alle fondazioni e sviluppa nelle sue masse forze d'inerzia verticali ed orizzontali di ampiezza e di frequenza dipendenti sia dall'ampiezza e dalla frequenza del moto impellente, sia dalle proprietà del sistema che riceve l'impulso.

Risultano subito tre leggi fondamentali della edilizia asismica:

— Le fondazioni devono costituire un insieme solidale per assicurare la trasmissione simultanea e concordante dei moti dal suolo all'edificio.

— Le strutture resistenti orizzontali e quelle verticali di ogni fabbricato devono essere collegate per costituire una ossatura che, seguendone tutte le linee fondamentali dalle fondazioni al tetto, raccolga in sé la funzione statica del complesso.

— Il materiale di riempimento deve avere il minimo peso specifico acciocchè le forze d'inerzia, eccitate dal movimento del suolo, siano le più piccole possibili.

La prima di queste tre leggi ha condotto concordemente a considerare come soluzione ideale delle fondazioni asismiche la platea, o almeno la continuità dei muri di fondazione, fabbricati in modo di resistere alle sollecitazioni a flessione che la disuguaglianza degli impulsi ricevuti eccita in essi. È questa una norma assolutamente generale, e se, raccogliendo l'esempio di alcune costruzioni nelle colonie Inglesi e nel Giappone, alcuni hanno ripreso anche fra noi il problema delle fondazioni mobili per ridurre l'intensità delle forze orizzontali d'inerzia trasmesse dalla scossa sismica all'edificio, non viene però esclusa in queste stesse soluzioni la platea o la continuità delle strutture che sulle parti mobili trovano il loro appoggio.

Cito per la genialità del tipo costruttivo che la traduce in atto la fondazione a pilastri oscillanti dell'Ing. M. Viscardini, nella quale le sfere di appoggio sono sostituite da pilastri limitati da superficie sferiche di raggio maggiore della metà dell'altezza, per modo che alla loro posizione verticale corrisponda

il livello più basso del baricentro dell'edificio sovrastante e quindi si abbia stabilità di equilibrio. Ebbene in questo stesso tipo, che apparentemente tanto si scosta dalle fondazioni su platea, dove cessa la parte mobile e comincia quella rigida occorre per l'appunto la continuità delle strutture portanti.

La seconda legge segnala la necessità di una ossatura resistente in cui si concentri la funzione statica dell'edificio. Intendiamo qui dare alla parola ossatura il significato più largo, non escludendo la muratura ordinaria come mezzo per eseguirne i montanti, quando sia costituita di elementi parallelepipedi e con parti collegate da radiciamenti, cinture e da nervature di concatenamento dalle fondazioni ai tetti. Nel tracciamento di questa ossatura, più che nelle particolarità dei mezzi di concatenamento, devesi rivelare la genialità dell'ingegnere, poichè, come in qualunque problema tecnico, la posizione esatta dei termini generali ha importanza predominante sulla buona soluzione delle particolarità. È però necessario rendersi conto che ai diversi mezzi d'opera per la esecuzione di questa ossatura corrispondono caratteri diversi.

Così ad esempio: i telai in legno non vanno intesi come anima dei massicci murari, poichè con le dimensioni rilevanti delle loro membrature non farebbero che offenderne gravemente la compattezza e ne renderebbero quindi più facile lo sfasciamento, che, anche nel caso della integrità della ossatura, metterebbe a grave pericolo la incolumità degli abitanti. D'altra parte il legname, non sufficientemente protetto verso l'esterno, soffrirebbe l'azione degli agenti atmosferici.

Per contro è opportuna la disposizione antica e caratteristica della baracca, la quale costituisce una gabbia interna protettrice degli ambienti, anche nel caso di sfasciamento delle murature circostanti, che la proteggono dagli agenti atmosferici. Si tratta infatti di una ossatura di legname per sé stante, intorno alla quale è gettata la muratura che la dissimula appena col suo paramento interno.

Caratteri affatto diversi deve presentare l'ossatura in ferro, in quanto esso è invece atto a formare corpo con la struttura muraria entro la quale i montanti vogliono annegare. Qui anzi, ad accrescere l'efficienza della ossatura metallica è bene che questa interessi in tutta la loro grossezza i pilastri di muratura per renderli capaci di resistere senza fessurarsi alle azioni inflettenti. Qui è indispensabile valersi dell'aderenza dei conglomeranti per proteggere il ferro dall'azione della ruggine. Allora soltanto si possono attendere dal sistema i suoi segnalati vantaggi, consistenti nella facilità dei collegamenti, nella leggerezza delle membrature e nella possibilità di preparare il materiale in officine anche lontane dal posto della costruzione.

Finalmente per quanto riguarda il telaio in cemento armato, deve riconoscersi che esso è la espressione più genuina della ossatura seguente tutte le linee fondamentali dell'edificio ed atta ad assicurare la solidarietà fra le strutture portanti orizzontali e quelle verticali, ma che presenta un grave difetto, se adottato tal quale l'edilizia ordinaria lo ha consacrato.

Intendo parlare della massa eccessiva dei ripiani poggianti su esili gambe, destinate a sfasciarsi per recisione o per flessione alla base, sotto le azioni orizzontali provocate dalle scosse sismiche.

Ma l'arte del costruttore ha già trovato un correttivo a questo particolare difettoso del sistema.

La associazione dei laterizi vuoti al cemento armato ha permesso di costruire ripiani di peso inferiore ai 130 kg. per m² pur assicurandone largamente la solidità e la azione isolante, e ciò è stato escogitato con vera genialità di ripieghi per trarre dalla collaborazione dei due materiali tutto l'effetto utile possibile, sia prevedendo nelle volterrane solchi in sottosquadro per la sistemazione dei tiranti di collegamento, sia foggilandone la superficie scanelata per meglio assicurarne l'aderenza col conglomerato cementizio.

Disposizioni costruttive abbastanza simili a quelle ora indicate per i solai hanno permesso di tradurre in atto in modo conveniente le strutture di riempimento delle maglie rettangolari delle ossature: in esse oltre l'uso dei laterizi fu proposto quello dei tavelloni di gesso, delle lastre di eternit, delle mattonelle di conglomerati artificiali leggeri, ecc, materiali indubbiamente di costo elevato, ma suscettibili, dal punto di vista economico, di compenso per la riduzione dei pesi che permettono, limitando in conseguenza le forze d'inerzia e quindi le sollecitazioni e quindi le dimensioni della ossatura fondamentale.

Le leggi enunciate fino a questo punto e le conseguenze che se ne sono tratte per il problema pratico sono, si può dire, universalmente riconosciute come vere. Però appena ci proponiamo il quesito della determinazione degli sforzi coi quali le azioni sismiche possono essere rappresentate allo scopo di determinare le dimensioni dell'ossatura resistente, ci troviamo di fronte a due difficoltà gravissime di principio. L'una consiste nel sapere quali sono le frequenze e le ampiezze dei moti del suolo, l'altra nel determinare come essi si trasmettano agli edifici e come si trasformino in conseguenza della elasticità del fabbricato.

Al primo quesito dovrebbe rispondere la geodinamica; ma la difficoltà di

costruire apparecchi perfettamente astatici, registratori fedeli dei movimenti assoluti del suolo, senza influenzerli con l'inerzia propria, ed il fatto che essi sono chiamati ad entrare in azione solo impensatamente e dopo lunghi periodi di inattività, rendono sempre incerti i risultati delle registrazioni. D'altra parte si tratta di movimenti di natura variabilissima, pei quali non furono ancora fatti seri studi di classificazione. Neppure la loro ampiezza massima è esattamente conosciuta. Si parla di registrazioni che per i movimenti orizzontali giungono fino a 60 mm. e per quelli verticali fino a 10, ma probabilmente negli istanti più gravi delle massime scosse questi limiti sono assai superati. Con essi si discute la durata delle oscillazioni che naturalmente cresce con l'ampiezza, e poichè il rapporto fra accelerazione ed ampiezza nel moto armonico è uguale al quadrato della pulsazione, se ne deduce che quest'ultima più dell'ampiezza influisce sul potere distruttivo del terremoto. Ma anche per questo riguardo i risultati di misure assolutamente accertate non conducono alle accelerazioni gravissime che sembrano necessarie a spiegare le conseguenze disastrose di alcune scosse.

Le notizie sulla dinamica terrestre utili all'ingegnere sono quindi molto scarse.

Il secondo problema è di spettanza della meccanica delle costruzioni. Essa dispone di due mezzi per risolverlo: 1° il metodo sperimentale, consistente nell'esame degli edifici che hanno soggiaciuto al terribile esperimento, sia resistendovi, sia sfasciandosi, per dedurne in qual modo la scossa sismica opera; 2° il metodo analitico, col quale si devono ricercare con procedimento matematico le massime sollecitazioni dei vari tipi di struttura edilizia sottoposti ad impulsi aventi i caratteri del terremoto. Ora i due metodi non sono nettamente separati: il secondo può dare alle deduzioni dirette del primo quella generalità che senza il suo sussidio si potrebbe raggiungere soltanto moltiplicando indefinitamente il numero degli edifici sottoposti a studio; l'esame sperimentale per contro costituisce un mezzo per accertarsi se le ipotesi semplificative che qualsiasi teoria di questo genere deve ammettere sono accettabili, e per introdurre i coefficienti di correzione in caso contrario. È anzi certo che soltanto col concorso dei due mezzi di indagine si potrà accostarsi alla risoluzione del problema, tanto più che sia nell'uno sia nell'altro vi è un gran numero di elementi di incertezza. Le accidentalità caratteristiche dei fenomeni sismici, per le quali due edifici identici, diversamente orientati rispetto alla scossa, risentono effetti del tutto diversi e l'influenza del diverso grado di perfezione col quale due strutture identiche sono state eseguite, per un lato; le gravi difficoltà di una analisi sufficientemente approssimata, per l'altro.

Fermiamoci un momento su queste ultime:

L'ipotesi più semplice per uno studio di questa natura consiste nel supporre che l'edificio accompagni il moto del suolo, come un sistema rigido partecipante esattamente in tutti i suoi punti alla accelerazione di esso. Le varie sue parti risultano in conseguenza animate di forze d'inerzia proporzionali ai loro pesi, dirette sia verticalmente sia orizzontalmente. Tale ipotesi spiega dunque perfettamente la seconda e la terza legge dianzi enunciate, ossia la convenienza di concentrare la funzione statica in un telaio solidale e quella di valersi di materiali leggeri per colmarne le maglie, ma conduce di necessità ad un'altra conseguenza non altrettanto certa; quella che le strutture più convenienti sono le più rigide, le più capaci ad assicurare con le pareti e coi ripiani dei collegamenti così perfetti fra le nervature opposte da permettere di considerarle, rispetto alla funzione statica dell'ossatura, come correnti di travi aventi altezza uguale alla loro distanza.

A questo concetto è ispirata tutta una serie di tipi costruttivi assai complessi per i mezzi di collegamento che ne costituiscono il carattere distintivo: pareti nervate o attraversate da diagonali, o gettate come una piastra Monier, o fabbricate come una trave a traliccio di vecchi ponti. Vi ha persino chi, spingendo le deduzioni del principio sopra accennato all'estremo, ha pensato di costituire gli edifici con un complesso di elementi accostati, ciascuno dei quali dovrebbe comportarsi come una scatola. Vi ha chi preconizza delle prove di collaudo per queste specialissime strutture consistenti nel sollevarne dal suolo gli elementi e lasciarli ricadere. Nessun dubbio che costruzioni di questa natura siano stabili, se i collegamenti preveduti sono efficaci davvero; ma si tratta di una soluzione in contrasto con le usuali esigenze edilizie, se interpretata con rigore; è quindi improbabile che a questo indirizzo sia riservato un largo sviluppo.

Del resto il principio sul quale questi sistemi di costruzione si fondano è tutt'altro che accertato. Nei fenomeni di resistenza dinamica è anzi notorio che le forze che si sviluppano in conseguenza delle sollecitazioni improvvise sono tanto maggiori quanto più piccola è la deformabilità dei corpi che le subiscono; e ciò spiega la maggiore facilità di rottura sotto l'azione di urti, dei corpi a deformabilità minima, che diciamo fragili. Per questo fatto le funi di canapa si comportano meglio di quelle metalliche, resistendo come cavi di ormeggio agli strappi provocati dalla risacca: per questo fatto le corazze delle navi da guerra si foderano di tavole in legno per costituire cuscinetto elastico fra esse ed il fasciame metallico sottoposto.

Lo studio matematico di questo fenomeno nel campo delle costruzioni sog-

gette a scosse sismiche è merito dell'Ing. Danusso, il quale ne ha tratte delle conclusioni importanti, che confermano la legge generale ora indicata. Non è il caso di rinnovare qui la esposizione delle sue ricerche geniali, che egli stesso ha esposto in questa sede, nelle quali considerando le strutture degli edifici come ritte elastici incastrati al piede e con le masse concentrate alla estremità superiore dove si collegano coi ripiani, indaga il movimento di tali masse in relazione con quello, supposto armonico, dei piedi dei ritte, e ne deduce il rapporto fra le accelerazioni massime dell'uno e dell'altro segnalando il pericolo della risonanza per costruzioni eccessivamente flessibili e quello della esagerazione della forza d'urto per costruzioni eccessivamente rigide.

Naturalmente in questa indagine egli è costretto a trascurare l'influenza delle resistenze smorzanti del moto, le quali hanno l'effetto di renderlo ben presto indipendente dalle sue condizioni iniziali. Ma d'altra parte il problema di cui si tratta è precisamente tale da porre in giuoco innanzi tutto gli istanti iniziali della scossa, ossia il termine di quel brevissimo periodo nel quale si è prodotta nel suolo la quantità totale di energia, che si rivela poi nel moto sismico susseguente. In oltre l'Ing. Danusso riuscì a dimostrare che un moto oscillatorio del suolo di ampiezza crescente o decrescente produce effetti sempre minori di un moto oscillatorio di ampiezza costantemente uguale alla massima.

Le sue deduzioni meritano dunque tutta la nostra attenzione, se non come misura, almeno come indice dei fenomeni da considerarsi. Esse concludono che le azioni della scossa sismica sopra un fabbricato dipendono dal rapporto fra la frequenza delle oscillazioni del suolo e quella delle oscillazioni proprie dell'edificio: che questa frequenza, nel caso degli edifici ad un solo piano con massa concentrabile tutta alla sua sommità, si ottiene dividendo per 2 la radice quadra del rapporto fra la forza orizzontale che, operando staticamente, vi produce l'unità di freccia e la massa.

Nella statica delle costruzioni asismiche ogni edificio verrebbe quindi a classificarsi per la durata delle sue oscillazioni, o in altre parole per la nota che, a guisa di diapason, esso emette, se sollecitato a vibrare orizzontalmente da un impulso unico non ripetuto.

Parlando dei miracoli della edilizia Nord Americana nel discorso inaugurale al Congresso di New-York per lo studio dei Materiali da Costruzione il Prof. Howe diceva: leggeremo fra poco nei verbali di collaudo delle costruzioni parole di questo genere: l'edificio A non è collaudabile perchè la sua nota fondamentale si è dimostrata diversa da quella preveduta nei calcoli: invece di un *sol* si è rivelata nettamente un *sol-diesis*; occorrerà correggere con la introduzione di masse supplementari, ma si tratterà sempre di un ripiego.

Il Prof. Howe enunciando queste singolarità avveniriste non pensava che forse siamo assai più vicini a vederle tradotte in atto di quanto a primo aspetto possa crederci, e ciò grazie alla edilizia asismica.

Abbiamo infatti veduto che la gravità del cimento sismico dipende dalla frequenza delle oscillazioni proprie, ossia dalla nota.

Se ci facciamo a considerare la più semplice struttura portante: un ritto incastrato al piede e caricato di punta, adottati i soliti rapporti di sicurezza, troviamo che la durata delle oscillazioni proprie per altezze di m. 5 e concentrazione della massa in sommità è di 1,3 1,4 0,67 secondi, per costruzioni in ferro, legno, cemento armato rispettivamente.

Se poi consideriamo una struttura costituita di telai a maglie quadrangolari vuote, quale risulterebbe la ossatura di una tettoia aperta per un piano caricatore ovvero un mercato coperto, troviamo i tempi delle oscillazioni proprie uguali a 0,92 1,0 0,47 secondi.

Siamo dunque precisamente nelle condizioni della, possibile risonanza coi moti sismici che importa evitare. Non sono quindi consigliabili questi sistemi di costruzione in territori sismici.

Appena l'ossatura presenta pareti di riempimento atte a contribuire alla rigidità del complesso, il pericolo accennato scompare per la diminuzione rapidissima della durata delle oscillazioni proprie.

Chi parla ebbe occasione di studiare sotto questo punto di vista i vari sistemi di costruzione, svolgendo in allegati alla 2^a Relazione della Commissione Reale alcune note illustrative sui problemi statici fondamentali della edilizia asismica.

Ne risultò la possibilità di una classificazione delle strutture resistenti dal punto di vista della rigidità, comprendente essenzialmente i seguenti tipi:

— Ossatura con pareti di riempimento *non* solidali alle nervature che le inquadrano, come sarebbe un assito di tavole, un muriccio di tavelloni di gesso o di eternit, o un getto cementizio leggero su rete metallica;

— Ossatura con pareti di efficacia paragonabile a quella di un sistema di diagonali compresse deformabili, quale si potrebbe costituire con muriccio di laterizi vuoti di spessore non superiore a 12 cm., oppure con laterizi pieni, ma interrotto da molte aperture;

— Ossatura con pareti di efficacia paragonabile a quella di un sistema di diagonali compresse non deformabili (muricci di laterizi pieni non interrotto da aperture);

— Ossatura con pareti equivalenti ad un doppio sistema di diagonali reagenti sia per trazione sia per compressione (muricci in laterizio quadrettato con nervature in cemento armato).

I numeri indicatori della deformabilità di questi sistemi variano fra i tipi estremi nel rapporto di 1 a 13 circa, e la durata delle oscillazioni proprie, supposto trattarsi di edifici ad un sol piano, è rispettivamente 0,17 0,23 0,13 secondi per il primo indicato, secondo che lo si suppone costruito in ferro, legno o cemento armato. Si scende poi a pochi centesimi di secondo per gli ultimi tipi citati. Per questo adunque devesi verificare l'altro fatto: l'intensificazione della forza d'urto, in conseguenza della eccessiva rigidità, ed a compenso della maggiore facilità con la quale si possono con queste strutture reggere gravi sollecitazioni a flessione orizzontale.

Ma quando si tratti di edifici a più piani le note fondamentali diventano tante quanti sono i piani sovrapposti, e il ritmo dei movimenti coi quali possono rispondere alle scosse risulta dalla combinazione di tali note. Ciò allarga il campo della risonanza dalle note più basse che si hanno quando tutto l'edificio oscilla intorno alla base, alle più alte quando i vari piani oscillano l'uno rispetto all'altro muovendosi da parti opposte della verticale di riposo.

Onde nascono numerosissime eventualità possibili, per le quali di due sistemi identici l'uno si trovi e l'altro no in risonanza con una data scossa, ovvero l'uno si comporti come più rigido dell'altro e quindi vada soggetto a forze d'urto di maggiore intensità.

Ricerche di questo genere sono già state fatte per le torri dei fari, per le quali è importante, non solo dal punto di vista statico, ma anche da quello della fissità delle luci, evitare fenomeni di risonanza con gli impulsi ritmici del vento e dell'onda.

Ma per le costruzioni il problema si presenta come eccezionalmente complesso, quando si consideri la collaborazione dei telai verticali con quelli orizzontali, i quali trovano punti di appoggio nei muri di struttura massiccia disposti parallelamente alla scossa. Allora le deformazioni risultano ridotte perchè l'azione si ripartisce fra le due parti collaboranti della ossatura con grande vantaggio per il suo modo di resistere, e la molteplicità dei casi cresce all'infinito, sicchè entro limiti determinati riesce sempre possibile fissare le note fondamentali di una struttura, per ottenerla adeguata al suo scopo ed alla natura delle azioni sismiche, quando queste fossero note.

Oggi gli elementi teorici necessari ci fanno ancora difetto, e più ancora ci mancano i dati di esperienza a conforto preciso di queste deduzioni. Perciò, malgrado il progresso dei metodi di costruzione, la nostra fiducia non va in generale oltre agli edifici a due piani, perchè col crescere del loro numero crescono le combinazioni possibili dei ritmi fondamentali e quindi crescono le eventualità che non sappiamo ancora misurare.

In conseguenza la nostra formola degli edifici asismici è ancora una formola primordiale: casa a due piani con ossatura per sè stante, che ne segue tutte le linee fondamentali dalle fondazioni continue od a platea al tetto ben concatenato e leggero. Al piano terreno buone murature massicce colmanti le maglie dei telai; al primo piano murature di mattoni vuoti o di mattonelle di conglomerati leggeri legate alle membrature della ossatura. Solaio di piccolo peso unitario con travi rigidamente unite ai montanti. Sporti e cornicioni ottenuti col protendimento organico delle strutture del solaio stesso e del tetto.

Concezione timida adunque, alla quale faranno contrasto le concezioni della edilizia asismica che abbiamo ragione di sperare in un prossimo avvenire, della cui possibilità fanno testimonianza gli edifici del tipo Nord Americano felicemente sperimentati a San Francisco.

Fra il tipo futuro e quello qui delineato passerà probabilmente la stessa differenza che oggi notiamo fra i ponti dell'epoca romana e quelli in ferro o in cemento armato dell'età nostra.

Nei primi, davanti all'incertezza del fenomeno statico e dei coefficienti relativi si è voluta la resistenza esuberante che obbliga alla ristrettezza delle luci, alla molteplicità e robustezza delle pile, all'altezza delle frecce degli archi: nei secondi l'affidamento di una scienza progredita ha permesso la realizzazione di forme più ardite, espressione concreta del concetto statico a cui sono informate, Talchè l'esilità è conciliabile col successo, anzi è fattore primo del successo.

Indubbiamente, l'arditezza dà minore affidamento di durata, e ciò sarà vero per le costruzioni asismiche del futuro come lo è per le opere stradali dell'età nostra. Ma in questa temporaneità delle opere d'arte noi dobbiamo vedere semplicemente una conseguenza logica del differente equilibrio economico e sociale del secolo nostro.

In antico esse venivano eseguite soprattutto a vantaggio dei pochi che costituivano la parte privilegiata di una società retta ad oligarchia. Quindi non importava come a noi commisurare il sacrificio al vantaggio. L'età nostra in vece tende ad un equilibrio nel quale le costruzioni si possono dire eseguite per tutti e devono quindi in primo luogo rispondere ai quesiti economici di una società che richiede la soddisfazione dei bisogni presenti, pronta a sostituire l'antico col nuovo appena le esigenze si saranno modificate.

Anche in questo campo adunque la vigilanza dell'uomo dovrà sostituire la durevolezza indefinita delle opere del passato.